

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003142732 A**

(43) Date of publication of application: **16.05.03**

(51) Int. Cl.

H01L 33/00

H01L 21/28

H01S 5/042

H01S 5/343

(21) Application number: **2001334897**

(22) Date of filing: **31.10.01**

(71) Applicant: **SHARP CORP**

(72) Inventor: **FUJETA MAYUKO
HATA TOSHIO**

(54) **OHMIC ELECTRODE, N-TYPE ELECTRODE,
NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT
EMITTING ELEMENT AND MANUFACTURING
METHOD THEREOF**

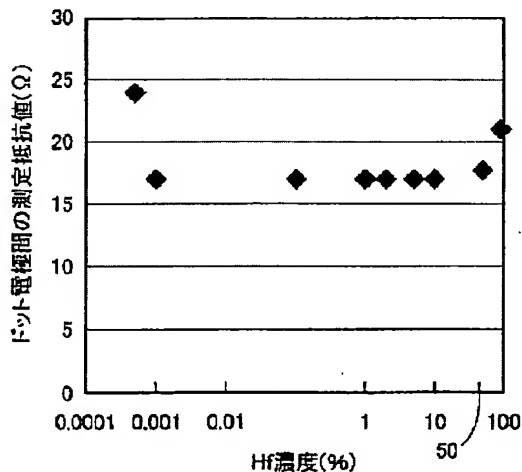
emitting element comprises the ohmic electrode.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ohmic electrode which has a low contact resistance value and hardly generates peeling from a semiconductor layer, an n-type electrode and a nitride compound semiconductor light emitting element, and to provide a manufacturing method thereof.

SOLUTION: The ohmic electrode is formed on an n-type nitride compound semiconductor layer surface, the side in contact with an n-type nitride compound semiconductor layer consists of a layer wherein Hf and Al are mixed, the Hf concentration in a layer in a region within a thickness of 10 nm above from the surface of the n-type nitride compound semiconductor layer is 0.001% or more and 50% or less, and the Al concentration is 50% or more and 99.999% or less. It is preferable that the n-type electrode comprises the ohmic electrode and a pad electrode formed on the ohmic electrode, and the nitride compound semiconductor light



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-142732

(P2003-142732A)

(43) 公開日 平成15年5月16日 (2003.5.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコト [*] (参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	E 4 M 1 0 4
			C 5 F 0 4 1
21/28	3 0 1	21/28	3 0 1 H 5 F 0 7 3
			3 0 1 R
H 0 1 S 5/042	6 1 2	H 0 1 S 5/042	6 1 2
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-334897 (P2001-334897)

(22) 出願日 平成13年10月31日 (2001.10.31)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 筆田 麻祐子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 幡 俊雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

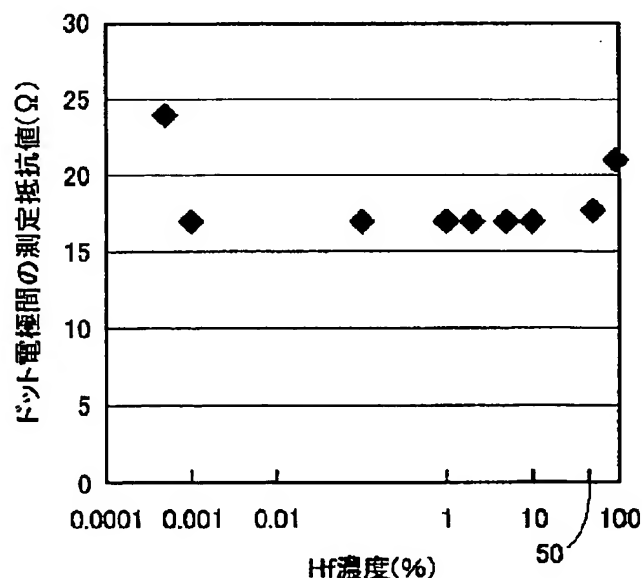
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オーミック電極、n型電極、窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低い接触抵抗値を有し、半導体層からの剥がれが生じにくいオーミック電極とn型電極と窒化物系化合物半導体発光素子とその製造方法を提供する。

【解決手段】 n型窒化物系化合物半導体層表面上に形成され、n型窒化物系化合物半導体層に接する側がHfとAlとが混ざり合った層からなり、n型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域における層中のHf濃度が0.001%以上50%以下であり、かつAl濃度が50%以上99.999%以下であるオーミック電極である。ここで、上記のオーミック電極と、そのオーミック電極上に形成されたパッド電極とを含むn型電極であることが好ましく、上記のオーミック電極を含んでいる窒化物系化合物半導体発光素子であることが好ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 n 型窒化物系化合物半導体層表面上に形成され、n 型窒化物系化合物半導体層に接する側が Hf と Al とが混ざり合った層からなり、n 型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ 10 nm 以内の領域における層中の Hf 濃度が 0.001 % 以上 50 % 以下であり、かつ Al 濃度が 50 % 以上 99.999 % 以下であることを特徴とするオーミック電極。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のオーミック電極と、そのオーミック電極上に形成されたパッド電極とを含むことを特徴とする n 型電極。

【請求項 3】 請求項 1 に記載のオーミック電極を含んでいることを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 n 型窒化物系化合物半導体層表面に Hf 層を 1 ~ 15 nm の厚さで形成する工程と、Hf 層上に Al 層を形成する工程と、アニーリングをすることにより Hf と Al とを混ざり合わせた層を形成する工程とを含むことを特徴とするオーミック電極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は n 型窒化物系化合物半導体層上に形成されるオーミック電極およびそれを含む n 型電極および窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関し、特に低い抵抗値を有し、剥がれが生じにくく、良好なオーミック接触を有するオーミック電極およびそれを含む n 型電極および窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえば $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, x + y \leq 1$) で表わされる窒化物系化合物半導体は、従来から青色発光素子として利用できていることが知られており、近年では青色の発光ダイオードや青紫色の半導体レーザなどが研究されている。これら発光ダイオードや半導体レーザにおいては外部から電流を注入する必要があるため、これらに設置するオーミック電極の材料およびその形成技術は大変重要である。

【0003】n 型窒化物系化合物半導体層上に形成されるオーミック電極としては、たとえば特開平 7-45867 号公報において開示されているように、Ti (チタン) 層と Al (アルミニウム) 層とを多層化等した後、アニーリングを行なうことにより作製されたオーミック電極 (以下、「Ti/Al 電極」という。) が一般的に用いられている。他方、第 60 回応用物理学学会学術講演会予稿集の 302 ページ (講演番号 3P-W-4) において、Ti/Al 電極よりも熱的安定性に優れ、400 ~ 600 °C の広い温度範囲でアニーリングを行なうことができるオーミック電極として、Hf (ハフニウム) 層を n 型窒化物系化合物半導体層上に形成してその上に Al (アルミニウム) 層を積層したオーミック電極 (以

下、「Hf/Al 電極」という。) が報告されている。

【0004】しかし、上記報告の Hf/Al 電極は、それに含まれる Hf と Al の濃度を特に制御することなく Hf 層と Al 層とを積層して作製されており、このようにして作製された Hf/Al 電極は表面荒れがひどく n 型窒化物系化合物半導体層との密着性が悪いと高い抵抗値を有する場合があり、また n 型窒化物系化合物半導体層から Hf/Al 電極が剥がれることがあり、良好なオーミック接触を有さない場合があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記事情に鑑みて、本発明は、低い抵抗値を有し、n 型窒化物系化合物半導体層からの剥がれが生じにくく、良好なオーミック接触を有するオーミック電極および n 型電極および窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、n 型窒化物系化合物半導体層表面上に形成され、n 型窒化物系化合物半導体層に接する側が Hf と Al とが混ざり合った層からなり、n 型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ 10 nm 以内の領域における層中の Hf 濃度が 0.001 % 以上 50 % 以下であり、かつ Al 濃度が 50 % 以上 99.999 % 以下であるオーミック電極である。なお、本明細書中において % は特に断らない限り、オーミック電極全体の質量に対する Hf または Al の質量 % である。

【0007】また、上記オーミック電極とそのオーミック電極上に形成されたパッド電極とを含む n 型電極であることが好ましく、上記オーミック電極を含む窒化物系化合物半導体発光素子であることが好ましい。

【0008】また、本発明のオーミック電極は、n 型窒化物系化合物半導体層表面に Hf 層を 1 ~ 15 nm の厚さで形成する工程と、Hf 層上に Al 層を形成する工程と、アニーリングをすることにより Hf 層と Al 層とを混ざり合わせた層を形成する工程とを含む製造方法で作製することが好ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明のオーミック電極は、n 型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ 10 nm 以内の領域における層中の Hf 濃度が 0.001 % 以上 50 % 以下であり、かつ Al 濃度が 50 % 以上 99.999 % 以下であることが特徴であるが、これは本発明者らが以下の抵抗値の測定および通電試験を行なった結果から見出したものである。

【0010】(抵抗値の測定) 図 1 は、n 型 GaN 半導体表面に Al と Hf とからなるオーミック電極を作製し、n 型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ 10 nm 以内の領域における Hf 濃度と抵抗値との関係を調べた結果である。図 1 において、横軸は Hf 濃度 (質

量%)であって、縦軸は抵抗値(Ω)である。

【0011】(i) 試料の作製

測定した試料は、オーミック電極をSiドープのn型GaN半導体表面上に500 μ m間隔で並べたドット電極で、ドット電極はHf層上にAl層を150nmの厚さで蒸着した後、500℃で3分間アニーリングすることにより作製した。ここで、Hf層の厚さを0.5~150nmまで変えることによりn型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるHfの濃度が0.0005~90%のものを作製した。

【0012】(ii) 抵抗値の測定の方法

隣り合ったドット電極間に50mAの電流が流れるまで電圧を増加させて得られたグラフから測定した。

【0013】(iii) 測定結果

図1より、上記領域におけるHfの濃度が0.0005%である試料は抵抗値が高くなる結果となった。また、その領域におけるHfの濃度が50%より大きい試料も抵抗値が高くなる結果となった。これらの場合には、測定箇所によっては完全にはオーミック接触になっていない部分があった。

【0014】また、その領域におけるHfの濃度が0.001%以上50%以下の試料では、面内で抵抗値のばらつきは無く、どの箇所を測定しても低い抵抗値を有していた。

【0015】なお、上記Hfの濃度はSIMS(二次イオン質量分析)により測定しており、図2はHfの濃度をSIMSの測定データから換算した結果の一例である。図2において、矢印で示したところがオーミック電極とn型窒化物系化合物半導体層表面との界面である。したがって、図2において矢印から右側の領域がn型窒化物系化合物半導体層の領域であって、矢印から左側の領域がオーミック電極の領域となる。この矢印から左側10nm以内の領域でのHf濃度の平均値をHf濃度とした。

【0016】(通電試験)

(i) 試料

n型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるHfの濃度が0.001%未満であるオーミック電極を設置した窒化物系化合物半導体発光素子と、その領域におけるHfの濃度が50%より大きくAlの濃度が50%より小さいオーミック電極を設置した窒化物系化合物半導体発光素子とを試料とした。

(ii) 通電試験の方法

通電試験は、大気中で上記試料に30mAの電流を5000時間流し続け、その間のオーミック電極の表面状態、剥がれおよび試料の発光状態等を観察することにより行なった。

(iii) 試験結果

n型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるHfの濃度が0.001%未満で

ある試料は、早期に劣化してオーミック接触でなくなり、剥がれが生じる等して信頼性が低下した。

【0019】また、その領域におけるHfの濃度が50%より大きく、Alの濃度が50%より小さい試料は、十分に密着していない部分が生じ、電極表面荒れがひどく、信頼性が低下した。

【0020】これらの試験の結果から、n型窒化物系化合物半導体層表面上に形成したオーミック電極において、n型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるHfの濃度は0.001%以上、50%以下であることが好ましく、Al濃度は50%以上、99.999%以下であることが好ましいことがわかった。これは、オーミック電極とn型窒化物系化合物半導体層の良好な密着性を得るためにはオーミック電極中のHfおよびAlの一定量がn型窒化物系化合物半導体層に接触している必要があると考えられるためである。

【0021】また、オーミック電極中のHf濃度およびAl濃度を上記範囲にするためには、Hf層とAl層とを形成する際に、Hf層を1nm以上15nm以下の厚さで形成し、その上にAl層を形成することにより容易にこの濃度範囲に制御することができることもわかった。

【0022】

【実施例】以下、実施例を用いて本発明のオーミック電極を用いた窒化物系化合物半導体発光素子をより詳細に説明する。

【0023】(実施例1)図3は、実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。

【0024】図3において1はサファイア基板、2はバッファ層、3はn型窒化物系化合物半導体層、4はオーミック電極、5はパッド電極、6はn型電極、7は発光層、8はp型クラッド層、9はp型コンタクト層、10はp型オーミック電極、11はp型パッド電極、12は透明導電膜である。

【0025】以下、実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子の作製工程を詳細に説明する。

【0026】サファイア基板1上に、バッファ層2を形成し、その上にSi(シリコン)ドープのGaNからなるn型窒化物系化合物半導体層3を形成する。そして、このn型窒化物系化合物半導体層3の上にGaNからなるバリア層とInGaNからなる井戸層とで構成された多重量子井戸の発光層7を形成する。発光層7の上にはMgドープAlGaNからなるp型クラッド層8を形成する。クラッド層8の上にはMgドープGaNからなるp型コンタクト層9を形成する。p型コンタクト層9上に厚さ7nmのPd(パラジウム)層からなる透光性のp型オーミック電極10を蒸着により形成する。

【0027】p型オーミック電極10上に、厚さ15nmのPd層と、その上に形成された厚さ500nmのAl

u (金) 層とからなる p 型パッド電極 11 をメタルマスクを用いて蒸着により形成する。

【0028】次に、発光領域を形成するためにフォトレジストを塗布し、所定領域のマスクを除去して、マスクで覆われていない部分の p 型オーミック電極 10 を塩酸系のエッチング液で除去することにより発光パターンを形成する。

【0029】次に、p 型パッド電極 11 の一部と p 型オーミック電極 10 および p 型コンタクト層 9 の表面を連続的に覆うように ITO (Sn ドープ In_2O_3) からなる透明導電膜 12 をスパッタ法により形成する。ここで、透明導電膜 12 のエッチングは塩化鉄系溶液により行なった。

【0030】次に、フォトレジストをドライエッチング用のマスクとして使い、RIE 法 (反応性イオンエッチング法) により n 型窒化物系化合物半導体層 3 表面が露出するまでエッチングを行う。

【0031】次に、オーミック電極 4 をリフトオフ法により形成するために、フォトレジストを一様に塗布して、オーミック電極 4 形成部分のフォトレジストに窓を開ける。

【0032】次に、厚さ 5 nm の Hf 層と、その上に形成された厚さ 150 nm の Al 層とからなるオーミック電極 4 を、リフトオフにより p 型層の周囲の n 型窒化物系化合物半導体層 3 が露出した表面に幅 10 μm で形成する。

【0033】次に、真空中で 500℃ で 3 分間アニーリングすることにより、オーミック電極 4 と n 型窒化物系化合物半導体層 3 との界面付近において Hf と Al が混ざり合った領域を形成する。

【0034】図 4 は、実施例 1 の窒化物系化合物半導体発光素子のオーミック電極 4 間の電流-電圧特性を測定してオーミック接触を確認した結果である。これにより、良好なオーミック接触が得られたことが分かった。

【0035】オーミック電極 4 と n 型窒化物系化合物半導体層 3 との界面付近では Hf と Al が混ざり合っており、n 型窒化物系化合物半導体層 3 表面から上方の厚さ 10 nm 以内の領域におけるオーミック電極 4 層中の Hf の量は約 0.5% で、Al の量は約 99.5% であることがわかった。

【0036】次に、厚さ 15 nm の Pd 層と、その上に形成された厚さ 500 nm の Au 層とからなる非オーミック性パッド電極 5 をオーミック電極 4 上に蒸着により形成し、n 型電極 6 を形成する。パッド電極 5 を非オーミック性にするることにより、効率よく電流が注入され、低駆動電圧の窒化物系化合物半導体発光素子を作製することができる。

【0037】次に、基板 1 を研削、研磨により、約 100 μm の厚さにして、350 μm 角に分割し、p 型パッド電極 11 およびパッド電極 5 に Au ワイヤ (図示せ

ず) をボンディングすることにより窒化物系化合物半導体発光素子を作製した。

【0038】図 5 は、このようにして作製した窒化物系化合物半導体発光素子を p 型パッド電極 11 の上面から見た模式的平面図である。

【0039】また、このようにして作製した窒化物系化合物半導体発光素子の駆動電圧は 3.0 V となり、低駆動電圧の窒化物系化合物半導体発光素子を作製することができた。

【0040】また、この窒化物系化合物半導体発光素子を通電試験にかけたところ、1000 時間を経過した時点でも電極剥がれ等は生じず、信頼性の高い窒化物系化合物半導体発光素子を作製することができた。

【0041】また、n 型窒化物系化合物半導体層 3 は Si ドープの GaN としたが、Si ドープの InGa_xN_{1-x} 等を用いてもよい。

【0042】また、オーミック電極 4 は、n 型窒化物系化合物半導体層 3 上に Hf 層を形成してからその上に Al 層を形成したが、n 型窒化物系化合物半導体層 3 上に Al 層を先に形成してからその上に Hf 層を形成してもよい。

【0043】(実施例 2) 実施例 1 では Hf 層と Al 層とを蒸着した後に真空中でアニーリングすることにより、Hf 層と Al 層とが混ざり合ったオーミック電極を形成したが、実施例 2 では、Hf 層と Al 層とをそれぞれ蒸着するときにウェハを加熱することにより、Hf と Al が混ざり合った層を有するオーミック電極を形成したことを特徴としている。

【0044】図 6 は実施例 2 における窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。図 6 において、21 はサファイア基板、22 はバッファ層、23 は n 型窒化物系化合物半導体層、24 はオーミック電極、25 はパッド電極、26 は n 型電極、27 は発光層、28 は p 型クラッド層、29 は p 型コンタクト層、110 は p 型オーミック電極、111 は p 型パッド電極、112 は透明導電膜である。

【0045】以下、実施例 2 における窒化物系化合物半導体発光素子の作製工程を詳細に説明する。

【0046】ドライエッチング法により n 型窒化物系化合物半導体層 23 表面が露出するまでエッチングを行うところまでは実施例 1 と同様である。

【0047】次に、オーミック電極 24 をリフトオフ法により形成するために、フォトレジストを一様に塗布して、オーミック電極 24 形成部分のフォトレジストに窓を開ける。

【0048】次に、蒸着前にあらかじめ、ウェハを 80℃ に加熱して温度を安定させる。ウェハの温度を 80℃ で安定させた状態で、厚さ 3 nm の Hf 層を蒸着し、その上に厚さ 150 nm の Al 層を蒸着し、リフトオフ法により、n 型窒化物系化合物半導体層 23 が露出した表

面に幅10 μ mで形成することによって、オーミック電極24を形成する。

【0049】オーミック電極24間の電流-電圧特性を測定した結果、実施例1と同様の結果(図4)となり、蒸着中にウェハを加熱することにより、実施例1のようなアニーリングをしなくとも、抵抗値の低いオーミック電極が形成できた。

【0050】オーミック電極24とn型窒化物系化合物半導体層23との界面付近ではHfとAlとが混ざり合っており、n型窒化物系化合物半導体層23表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるオーミック電極24層中のHfの量は約0.5%で、Alの量は約99.5%であることがわかった。

【0051】非オーミック性パッド電極25形成以降は実施例1と同様である。また、このようにして作製した窒化物系化合物半導体発光素子の駆動電圧は3.0Vとなり、低駆動電圧の窒化物系化合物半導体発光素子を作製することができた。

【0052】また、この窒化物系化合物半導体発光素子を通電試験にかけたところ、10000時間を経過した時点でも電極剥がれ等は生じず、信頼性の高い窒化物系化合物半導体発光素子を作製することができた。

【0053】オーミック電極24は、n型窒化物系化合物半導体層23上にHf層を形成してからその上にAl層を形成したが、n型窒化物系化合物半導体層23上にAl層を先に形成してからその上にHf層を形成してもよい。

【0054】(実施例3)図7は、実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。

【0055】図7において、34はオーミック電極、31は基板、32はバッファ層、33はn型窒化物系化合物半導体層、37は発光層、38はp型クラッド層、39はp型コンタクト層、210はp型オーミック電極、211はp型パッド電極、212は透明導電膜である。

【0056】以下、実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子の作製工程を詳細に説明する。

【0057】まず、n型GaNからなる基板31上に、バッファ層32、SiドープGaNからなるn型窒化物系化合物半導体層33を形成し、その上にGaNからなるバリア層とInGaNからなる井戸層で構成された多重量子井戸の発光層37を積層形成する。発光層37の上にはp型AlGaNからなるp型クラッド層38を形成する。p型クラッド層38の上にはp型GaNからなるp型コンタクト層39を形成する。p型コンタクト層39の表面上に厚さ6nmのPd層からなる透光性のp型オーミック電極210を蒸着により形成する。このp型オーミック電極210を真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより、p型コンタクト層39と上記Pd層との合金化処理をする。

【0058】次に、フォトリソistを塗布し、所定領域

のフォトリソistを除去して、フォトリソistで覆われていない部分のp型オーミック電極210を塩酸系のエッチング液でエッチングする。

【0059】このp型オーミック電極210上の一部にボンディング用のp型パッド電極211を形成するために、フォトリソistを一様に塗布して、p型パッド電極211形成部分のフォトリソistに窓を開ける。次に、Pd層上にAu層を形成した形成体を1 μ m程度の厚さで蒸着により形成し、リフトオフ法により、フォトリソist上の上記形成体を除去して、p型パッド電極211を形成する。p型パッド電極211を形成後、厚さ100nmのITOからなる透明導電膜212をp型オーミック電極210上にスパッタ法により基板温度250℃で形成する。

【0060】次に、フォトリソistを塗布し、所定領域のフォトリソistを除去して、フォトリソistで覆われていない部分の透明導電膜212を塩化鉄系溶液でエッチングする。

【0061】この時、p型パッド電極211上の端の一部から、p型オーミック電極210の側面とp型オーミック電極210に近接したp型コンタクト層39が露出した部分の一部まで透明導電膜212が連続的に覆うようにし、それ以外の部分の透明導電膜212をエッチングする。

【0062】次に、基板31の裏面に、オーミック電極34として、厚さ5nmのHf層を蒸着し、その上に厚さ200nmのAl層を蒸着し、真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより、オーミック電極34を形成する。

【0063】オーミック電極34と基板31の裏面との界面付近ではHfとAlが混ざり合っており、基板31の裏面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるオーミック電極34層中のHfの量は約1%で、Alの量は約99%であることがわかった。

【0064】図8は、このようにして作製した窒化物系化合物半導体発光素子をp型パッド電極211側から見た模式的平面図である。

【0065】実施例3では、p型オーミック電極210にPd層を用いたが、透光性の薄膜を形成できる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0066】また、実施例3では透明導電膜212としてITOを用いたが、このほかにZn(亜鉛)、In(インジウム)、Sn(スズ)、Mg(マグネシウム)、Cd(カドミウム)、Ga(ガリウム)、Pb(鉛)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物が利用可能である。

【0067】また、実施例3では発光層37をGaNからなるバリア層とInGaNからなる井戸層で構成された多重量子井戸としたが、単一量子井戸でもよく、また、AlGaInN、GaNA_sやGaN_Pなど任意の

4元または3元混晶としてもよい。

【0068】また、n型窒化物系化合物半導体層33はSiドープのGa_{0.9}Nとしたが、SiドープのInGa_{0.9}N等を用いてもよい。

【0069】また、オーミック電極34は、基板31の裏面上にHf層を形成してからその上にAl層を形成したが、基板31の裏面上にAl層を先に形成してからその上にHf層を形成してもよい。

【0070】（実施例4）図9は、実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子の作製途中段階での模式的な断面図である。図10は、実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子の完成後の模式的な断面図である。

【0071】図9および図10において、41は基板、42はバッファ層、43はn型窒化物系化合物半導体層、47は発光層、48はp型クラッド層、49はp型コンタクト層、310はp型オーミック電極、13はメッキ用下地電極、14は保持用金属層、44はオーミック電極である。

【0072】以下、実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子の作製工程を詳細に説明する。

【0073】まず、図9のように、Siからなる基板41上に、n型InAlNからなるバッファ層42、SiドープGa_{0.9}Nからなるn型窒化物系化合物半導体層43を形成し、その上にGa_{0.9}Nからなるバリア層とInGa_{0.9}Nからなる井戸層で構成された多重量子井戸の発光層47を積層形成する。発光層47の上にはp型AlGa_{0.9}Nからなるp型クラッド層48を形成する。p型クラッド層48の上にはp型Ga_{0.9}Nからなるp型コンタクト層49を形成する。p型コンタクト層49の表面上に厚さ10nmのPd層からなるp型オーミック電極310を蒸着により形成し、真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより、上記Pd層とp型コンタクト層49との合金化処理をする。p型オーミック電極310上に厚さ300nmのAu層からなるメッキ用下地電極13を蒸着により形成する。メッキ用下地電極13上に厚さ100μmのNiからなる保持用金属層14を電解メッキにより形成する。

【0074】次に、基板41を除去するために、保持用金属層14側とウェハの側面をエレクトロニックスで覆い、フッ酸と硝酸と酢酸を5：2：2の比で混合したエッチング液により、基板41を溶かして除去し、バッファ層42の表面を露出させる。エレクトロニックスはアセトン等の有機溶剤で除去する。

【0075】次に、図10のようにバッファ層42の表面に厚さ5nmのHf層、厚さ200nmのAl層を順に蒸着し、真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより、オーミック電極44を形成する。バッファ層42とオーミック電極44との界面付近ではHfとAlが混ざり合っており、バッファ層42から上方の厚さ10nm以内の領域におけるオーミック電極44層中の

Hfの量は約5%で、Alの量は約95%であることがわかった。

【0076】最後に、ダイシングにより300μm角の大きさに分割する。実施例4では、p型オーミック電極310としてPdを用いたが、p層のオーミック電極となる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0077】また、実施例4では、保持用金属層14として無電解メッキによりNiを形成したが、導電性のものであれば、どのような材料でもよく、蒸着やメッキで形成する以外に、導電性の板を貼り付けるだけでもよい。

【0078】また、実施例4では発光層47をGa_{0.9}Nからなるバリア層とInGa_{0.9}Nからなる井戸層で構成された多重量子井戸としたが、単一量子井戸でもよく、また、AlGaInN、Ga_{0.9}AsやGaNPなど任意の4元または3元混晶としてもよい。

【0079】また、実施例4ではSiからなる基板41を用いたが、エッチングにより容易に除去できる基板で窒化物系化合物半導体を形成できる基板であればどのような基板を用いてもよい。

【0080】また、n型窒化物系化合物半導体層43はSiドープのGa_{0.9}Nとしたが、SiドープのInGa_{0.9}N等を用いてもよい。

【0081】また、オーミック電極44は、バッファ層42上にHf層を形成してからその上にAl層を形成したが、バッファ層42上にAl層を先に形成してからその上にHf層を形成してもよい。

【0082】（実施例5）図11は実施例5の窒化物系化合物半導体レーザ素子の模式的な断面図である。

【0083】図11において、54はオーミック電極、51は基板、52はバッファ層、53はn型窒化物系化合物半導体層、15はn型クラッド防止層、16はn型クラッド層、17はn型光ガイド層、57は発光層、18はp型キャリアブロック層、19はp型光ガイド層、58はp型クラッド層、59はp型コンタクト層、410はp型オーミック電極、20は誘電体膜である。

【0084】以下、本発明のオーミック電極を用いた窒化物系化合物半導体レーザ素子の作製方法を示す。

【0085】まず、n型Ga_{0.9}Nからなる基板51上に厚さ100nmの低温Ga_{0.9}Nからなるバッファ層52を形成する。次に、その上に厚さ3μmのn型Ga_{0.9}Nからなるn型窒化物系化合物半導体層53を形成する。

【0086】続いて、厚さ40nmのIn_{0.07}Ga_{0.93}Nからなるn型クラッド防止層15を形成する。続いて厚さ0.8μmのAl_{0.1}Ga_{0.9}Nからなるn型クラッド層16を形成し、続いて厚さ0.1μmのGa_{0.9}Nからなるn型光ガイド層17を形成する。その後3周期の厚さ4nmのGa_{0.97}Po_{0.03}井戸層と厚さ8nmのGa_{0.99}Po_{0.01}障壁層とから構成される発光層57を形成した。

【0087】次に、厚さ20nmの $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなるp型キャリアブロック層18、厚さ0.1 μm の GaN からなるp型光ガイド層19、厚さ0.5 μm の $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなるp型クラッド層58および厚さ0.1 μm の GaN からなるp型コンタクト層59を順に形成する。

【0088】上述では、 GaN 基板のC面{0001}について説明したが、該基板の主面となる面方位は前記C面の他に、A面{11-20}、R面{1-102}、M面{1-100}または{1-101}面を用いてもよい。また、上記面方位から2度以内のオフ角度を有する基板であれば表面モフォロジーが良好であった。

【0089】上述では GaN からなる基板51を使用したが、 GaN 以外の窒化物系化合物半導体基板を用いても構わない。窒化物系化合物半導体レーザ素子の場合、垂直横モードの単峰化のためにはクラッド層よりも屈折率の低い層が該クラッド層の外側に接している方が好ましく、 AlGaIn 基板を用いるのが好適である。

【0090】続いて、窒化物系化合物半導体レーザ素子にするためのプロセス工程が、以下で説明される。

【0091】オーミック電極54は、基板51の裏面側から、厚さ5nmのHf層を、その後、厚さ200nmのAl層を蒸着し、次に、真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより形成する。

【0092】オーミック電極54と基板51の裏面との界面付近ではHfとAlが混ざり合っており、基板51の裏面から上方の厚さ10nm以内の領域でのオーミック電極54層中におけるHfの量は約3%で、Alの量は約97%であることがわかった。

【0093】p型オーミック電極410は、窒化物半導体結晶の<1-100>方向に沿ってストライプ状にエッチングされ、リッジストライプ部Rsが形成された。このリッジストライプ部Rsは、ストライプ幅が2 μm になるように作製された。その後、 SiO_2 からなる誘電体膜20を蒸着し、p型コンタクト層59を露出させ、Pd層、Mo層およびAu層の順序で蒸着してp型オーミック電極410を形成した。p型オーミック電極410としては他に、Pd層、Pt層およびAu層を順に蒸着したもの、Pd層上にAu層を蒸着したものまたはNi層上にAu層を蒸着したものが用いられても構わない。

【0094】最後に、基板51のへき開面を利用して、共振器長500 μm のファブリ・ペロー共振器が作製された。

【0095】ファブリ・ペロー共振器のミラー端面が形成された後、該ミラー端面に70%の反射率を有する SiO_2 と TiO_2 の誘電体膜を交互に蒸着し、誘電体多層反射膜を形成した。

【0096】実施例5のオーミック電極54の形成にあ

たり、基板51の裏面側から電極形成が行われたが、ドライエッチング法を用いて、エピウェハの表側からn型窒化物系化合物半導体層53を露出して、オーミック電極54が形成されても構わない。

【0097】また、オーミック電極54は、基板51の裏面上にHf層を形成してからその上にAl層を形成したが、n型 GaIn 基板の裏面上にAl層を先に形成してからその上にHf層を形成してもよい。

【0098】(実施例6)図12は、実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子の作製途中段階での模式的な断面図である。図13は実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子の完成後の模式的な断面図である。

【0099】図12および図13において、61は基板、62はバッファ層、63はn型窒化物系化合物半導体層、67は発光層、68はp型クラッド層、69はp型コンタクト層、510はp型オーミック電極、113はメッキ用下地電極、114は保持用金属層、64はオーミック電極である。

【0100】以下、実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子の作製工程を詳細に説明する。

【0101】まず、図12のように、Siからなる基板61上に、AlNからなるバッファ層62、Siドープ GaIn からなるn型窒化物系化合物半導体層63を形成し、その上に GaIn からなるバリア層と InGaIn からなる井戸層で構成された多重量子井戸の発光層67を積層形成する。発光層67の上にはp型 AlGaIn からなるp型クラッド層68を形成する。p型クラッド層68の上にはp型 GaIn からなるp型コンタクト層69を形成する。p型コンタクト層69の表面上に、厚さ50nmのPd層からなるp型オーミック電極510を蒸着により形成し、真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより、p型コンタクト層69との合金化処理をする。p型オーミック電極510上に、厚さ300nmのAu層からなるメッキ用下地電極113を蒸着により形成する。メッキ用下地電極113上に、厚さ100 μm のNiからなる保持用金属層114を電解メッキにより形成する。

【0102】次に、基板61を除去するために、保持用金属層114側とウェハの側面をエレクトロニックスで覆い、フッ酸と硝酸と酢酸を5:2:2の比で混合したエッチング液により、基板61を溶かして除去し、バッファ層62の表面を露出させる。エレクトロニックスはアセトン等の有機溶剤で除去する。

【0103】次に、ドライエッチング法によりバッファ層62を除去し、n型窒化物系化合物半導体層63の表面を露出させる。

【0104】次に、図13のようにn型窒化物系化合物半導体層63の表面に、Hf層とAl層とを同時に形成した、厚さ300nmのオーミック電極64を真空中で500℃で3分間アニーリングすることにより形成し

た。オーミック電極64では、HfとAlとが混ざり合っており、n型窒化物系化合物半導体層63表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるオーミック電極64層中のHfの量は約5%で、Alの量は約95%であることがわかった。

【0105】最後に、ダイシングにより300 μ m角の大きさに分割する。実施例6では、p型オーミック電極510としてPdを用いたが、p層のオーミック電極となる金属または合金であればどのような材料でもよい。

【0106】また、実施例6では、保持用金属層113として無電解メッキによりNiを形成したが、導電性のものであれば、どのような材料でもよく、蒸着やメッキで形成する以外に、導電性の板を貼り付けるだけでもよい。

【0107】また、実施例6では発光層67をGaNからなるバリア層とInGaNからなる井戸層で構成された多重量子井戸としたが、単一量子井戸でもよく、また、AlGaInN、GaNA_sやGaN_Pなど任意の4元または3元混晶としてもよい。

【0108】また、実施例6ではSiからなる基板61を用いたが、エッチングにより容易に除去できる基板で窒化物系化合物半導体を形成できる基板であればどのような基板を用いてもよい。

【0109】また、n型窒化物系化合物半導体層63はSiドープのGaNとしたが、SiドープのInGaN等を用いてもよい。

【0110】上述したすべての本発明においては、n型窒化物系化合物半導体層の材質はIn_xGa_yAl_{1-x-y}N (0 \leq x \leq 1、0 \leq y \leq 1、x+y \leq 1)で表わされる材質であれば特に限定はされない。また、n型窒化物系化合物半導体層は、従来から公知の方法、たとえば、気相エビタキシー法、分子線エビタキシー法等の方法により積層される。

【0111】上述した本発明のn型窒化物系化合物半導体層上に形成されるオーミック電極についてはこれらの界面付近でHfとAlの双方が混ざり合っていればさらに他の金属を混ぜ合わせてもよい。

【0112】また、本発明のオーミック電極は、たとえばスパッタリング法、真空蒸着法、化学気相成長法または電子ビーム蒸着法等の従来から公知の方法またはこれらの方法を組み合わせた方法等によってもn型窒化物系化合物半導体層上に設置することができる。

【0113】また、アニーリングは上述のようにn型窒化物系化合物半導体層上にHf膜を形成し、その上にAl膜を設置した後に行なわれるほか、上記Hf膜を形成する際およびAl膜を形成する際にn型窒化物系化合物半導体層を加熱することによっても行なわれる。

【0114】また、アニーリングは上記温度および時間に限らず、真空中または窒素雰囲気中等において、200 \sim 1200 $^{\circ}$ Cの温度範囲で、1 \sim 250分行なうこと

ができる。

【0115】また、Hf層およびAl層以外の金属層または合金層もn型窒化物系化合物半導体層上に設置することができる。

【0116】今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0117】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明によれば、窒化物系化合物半導体との密着性に優れたオーミック電極を形成することができるため、製造歩留まりがよく、かつ駆動電圧の低く信頼性の高い窒化物系化合物半導体発光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 n型窒化物系化合物半導体層表面から上方の厚さ10nm以内の領域におけるHf濃度と抵抗値との関係図である。

【図2】 Hfの濃度をSIMSの測定データから換算した一例の結果図である。

【図3】 実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。

【図4】 実施例1または実施例2の窒化物系化合物半導体発光素子に設置されたオーミック電極間の電流-電圧特性を測定した結果図である。

【図5】 実施例1の窒化物系化合物半導体発光素子をp型パッド電極の上面から見た模式的な平面図である。

【図6】 実施例2の窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。

【図7】 実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子の模式的な断面図である。

【図8】 実施例3の窒化物系化合物半導体発光素子をp型パッド電極の上面から見た模式的な平面図である。

【図9】 実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子の作製途中段階での模式的な断面図である。

【図10】 実施例4の窒化物系化合物半導体発光素子の完成後の模式的な断面図である。

【図11】 実施例5の窒化物系化合物半導体レーザー素子の模式的な断面図である。

【図12】 実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子の作製途中段階での模式的な断面図である。

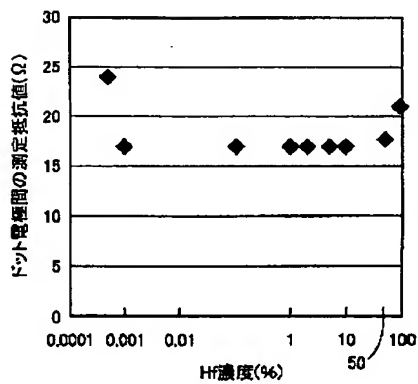
【図13】 実施例6の窒化物系化合物半導体発光素子の完成後の模式的な断面図である。

【符号の説明】

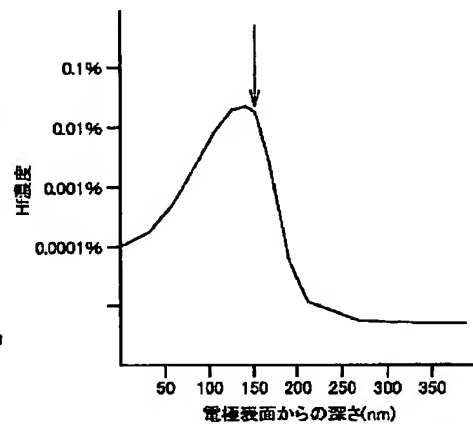
1, 21, 31, 41, 51, 61 基板、2, 22, 32, 42, 52, 62 バッファ層、3, 23, 33, 43, 53, 63 n型窒化物系化合物半導体層、4, 24, 34, 44, 54, 64 オーミック電極、

5, 25 パッド電極、6, 26 n型電極、7, 2
7, 37, 47, 57, 67 発光層、8, 28, 3
8, 48, 58, 68 p型クラッド層、9, 29, 3
9, 49, 59, 69 p型コンタクト層、10, 11
0, 210, 310, 410, 510 p型オーミック電
極、11, 111, 211 p型パッド電極、12, 1

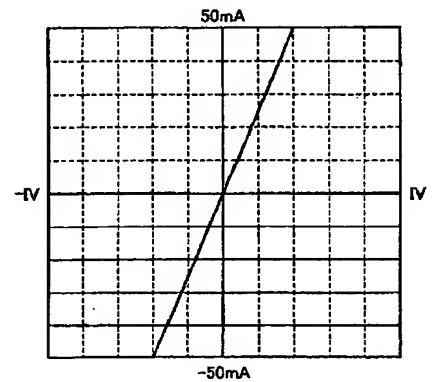
【図1】



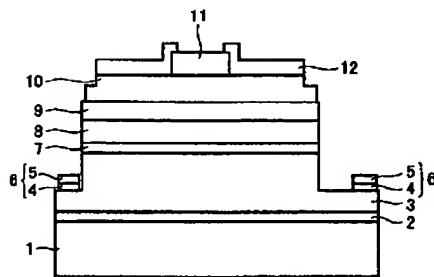
【図2】



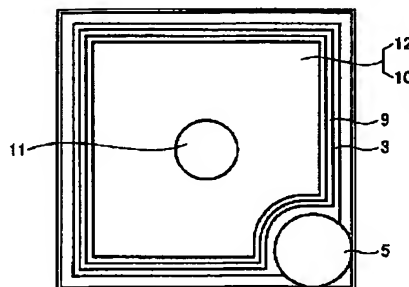
【図4】



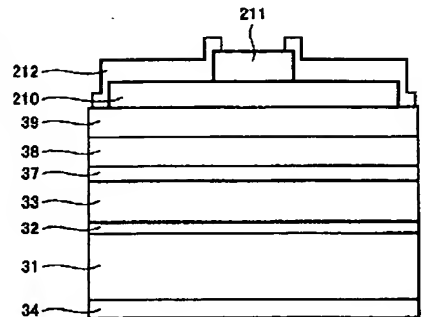
【図3】



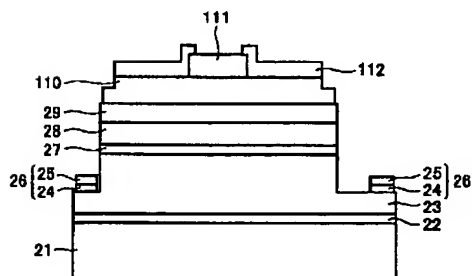
【図5】



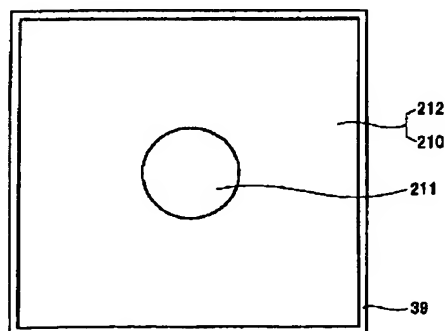
【図7】



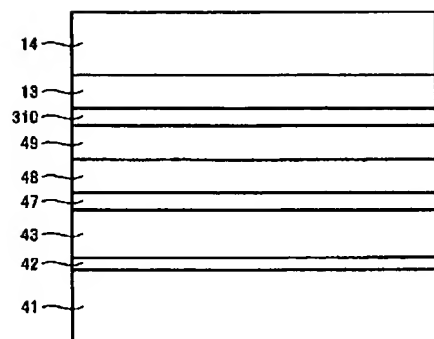
【図6】



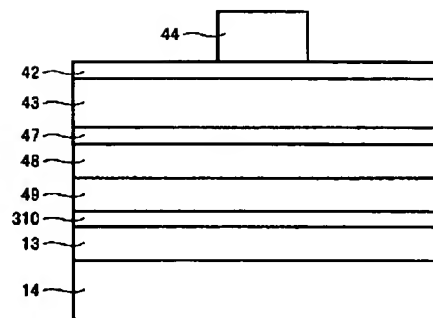
【図8】



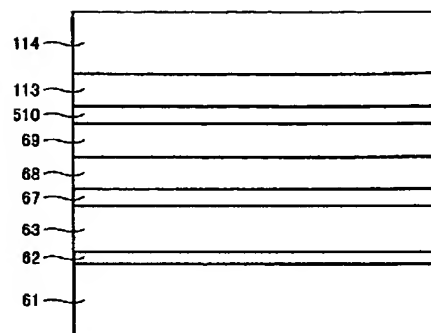
【図9】



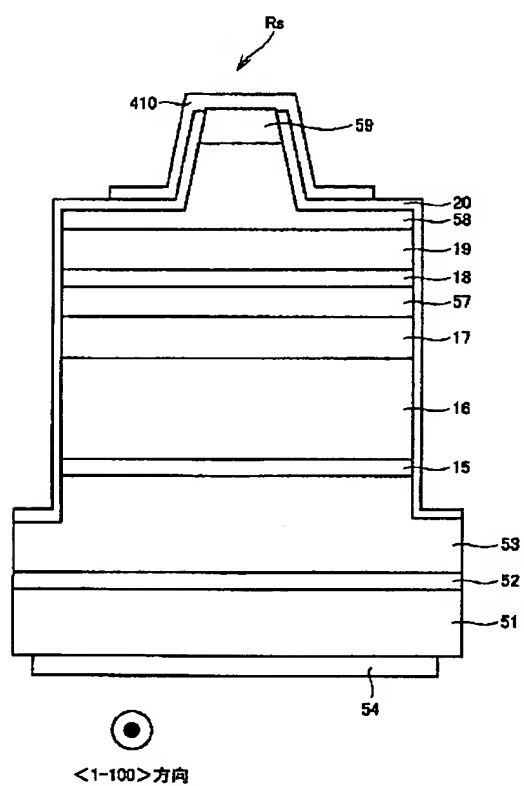
【図10】



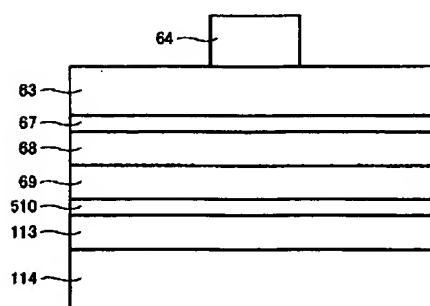
【図12】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーム(参考)
H 0 1 S 5/343	6 1 0	H 0 1 S 5/343	6 1 0

F ターム(参考) 4M104 AA04 BB02 BB07 BB09 BB36
 BB38 CC01 DD34 DD52 DD64
 DD66 DD79 DD83 FF13 GG02
 GG04
 5F041 AA24 AA25 AA41 CA40 CA83
 CA88 CA92 DA07
 5F073 AA74 CA07 CB22 CB23